

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-315707

(P2000-315707A)

(43) 公開日 平成12年11月14日 (2000. 11. 14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 21/60

識別記号

3 1 1

F I

H 0 1 L 21/60

21/92

テマコード\* (参考)

3 1 1 S 5 F 0 4 4

6 0 2 G

6 0 3 B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平11-122593

(22) 出願日

平成11年4月28日 (1999. 4. 28)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 寺崎 健

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 三浦 英生

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74) 代理人 100077816

弁理士 春日 譲

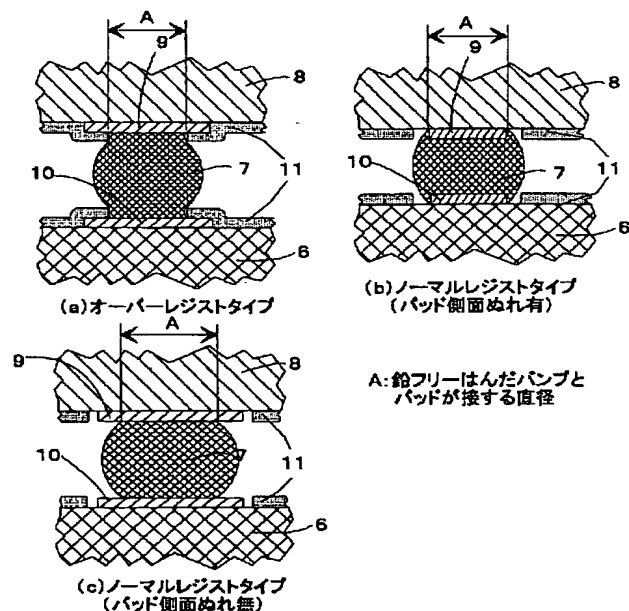
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 はんだバンプの疲労寿命が向上され、信頼性の高い半導体装置を実現する。

【解決手段】 鉛フリーはんだバンプ7のパッド9又は10と接する部分の面積と等しい面積の円の直径Aとし、鉛フリーはんだバンプ7の体積と等しい体積の球の直径BをB寸法とする。この場合、はんだバンプ7のA寸法をB寸法の0.8倍以上1.1倍以下となるように形成すると、はんだバンプ7とパッド9、10との接触面積が増加し、接合界面の強度が上昇する。また、A寸法が大きくなるに従い、円柱形状に近づき、はんだバンプ7自体の剛性が高くなり、はんだバンプ7に加わる熱変形量が小さくなる。したがって、はんだバンプ7の疲労寿命が向上され、信頼性の高い半導体装置を実現することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 はんだバンプと、このはんだバンプを有する電子部品と、この電子部品を一つ以上搭載した配線基板とを備える半導体装置において、

上記はんだバンプと、上記電子部品又は上記配線基板上に形成されたパッドと接する部分の面積と等しい面積の円の直径が、上記はんだバンプの体積と等しい体積の球の直径の 0.8 倍以上 1.1 倍以下であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 はんだバンプと、このはんだバンプを有する電子部品と、この電子部品を一つ以上搭載した配線基板とを備える半導体装置において、

上記はんだバンプと、このはんだバンプが接している上記電子部品又は上記配線基板上に形成されたパッドとの接触角が  $55^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の半導体装置において、はんだバンプの材質は鉛フリーはんだであることを特徴とする半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、はんだバンプを用いてプリント基板に電氣的かつ機械的に接続される半導体装置に係り、特に鉛フリーはんだを用いた場合の疲労寿命向上に好適な半導体装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 はんだバンプを用いて配線基板に電氣的かつ機械的に接続される半導体装置は、例えば、特開昭 62-73639 号公報などに開示されている。

【0003】 従来、電子部品と基板との接続には、鉛入りのはんだが主に使われてきている。しかし、廃棄された電子機器からはんだに含まれる鉛イオンが流出し、地下水脈や河川の汚染、さらには人体への影響が懸念されている。

【0004】 そこで、鉛を含まない鉛フリーはんだによる接続を行う必要が生じた。この鉛フリーはんだの材料としては、環境負荷、接合性、コスト、信頼性など様々な面から検討した結果、錫銀共晶はんだをベースに、融点降下と濡れ性改善に有効なビスマス、銅、インジウムなどを添加した組成の材料が有力となりつつある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上述した錫銀共晶はんだは、接続信頼性は従来の錫鉛共晶はんだと同等以上であるが、材料が錫鉛共晶はんだより硬く、融点も  $40^{\circ}\text{C}$  程度高くなるため、電子部品および配線基板の中には、耐熱性が確保できず、はんだ実装時に破壊を起こすものもある。したがって、鉛フリーはんだの実装温度は、従来用いられてきた錫鉛共晶はんだと同等程度が好ましい。

【0006】 錫銀共晶はんだの融点を下げるためには、

ビスマスの添加が有効であるが、ビスマス添加量の増加に伴い材料が硬くかつ脆くなる傾向にあり、低サイクル疲労寿命および接合界面の接続強度が低下する。

【0007】 近年の電子部品の高密度化に伴って増加しているはんだバンプによる実装方式では、破壊は、はんだバンプと電子部品あるいは配線基板上に形成されたパッドとの界面近傍で生じる。

【0008】 鉛フリーはんだは、材料が従来の錫鉛共晶はんだに比べて硬く、はんだ母材の強度が界面の強度よりも強い場合があるため、従来以上にはんだとパッドの界面での破壊防止が重要な課題となる。

【0009】 本発明の目的は、はんだバンプの疲労寿命が向上され、信頼性の高い半導体装置を実現することである。

## 【0010】

【発明を解決する手段】 上記目的は、鉛フリーはんだバンプの、電子部品および配線基板上に形成されたパッドと接する部分の面積と鉛フリーはんだバンプの体積の関係を最適化することによって達成できる。

【0011】 また、上記目的は、鉛フリーはんだバンプと電子部品および配線基板上に形成されたパッドとの接触角を最適にすることによっても達成することができる。

【0012】 つまり、上記目的を達成するため、本発明は次のように構成される。

(1) はんだバンプと、このはんだバンプを有する電子部品と、この電子部品を一つ以上搭載した配線基板とを備える半導体装置において、上記はんだバンプと、上記電子部品又は上記配線基板上に形成されたパッドと接する部分の面積と等しい面積の円の直径が、上記はんだバンプの体積と等しい体積の球の直径の 0.8 倍以上 1.1 倍以下である。

【0013】 上記特徴により、熱変形に起因してはんだバンプとパッドの界面近傍に生じるひずみが低減でき、はんだバンプの熱疲労破壊を抑制することができる。

【0014】 (2) はんだバンプと、このはんだバンプを有する電子部品と、この電子部品を一つ以上搭載した配線基板とを備える半導体装置において、上記はんだバンプと、このはんだバンプが接している上記電子部品又は上記配線基板上に形成されたパッドとの接触角が  $55^{\circ}$  以上  $90^{\circ}$  以下である。

【0015】 これにより、はんだバンプとパッドの接合端近傍のひずみ集中を防止することができ、はんだバンプの疲労破壊を抑制することができる。

【0016】 (3) 好ましくは、上記 (1) 又は (2) において、はんだバンプの材質は鉛フリーはんだである。

## 【0017】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。

(第 1 実施形態) 図 1 は、本発明による半導体装置の第 1 の実施形態である半導体装置の概略断面図である。

【0018】本発明の第 1 の実施形態である半導体装置は、BGA (ボールグリッドアレイ) 1、テープ BGA 2、CSP (チップサイズパッケージ) 3、WPP (ウエハープロセスパッケージ) 4、半導体素子 5 などの鉛フリーはんだバンプ 7 を有する電子部品を、この鉛フリーはんだバンプ 7 を介して配線基板 6 に接続したものである。

【0019】ここで、鉛フリーはんだバンプ 7 の材質としては、熱疲労特性に優れた錫銀共晶はんだが好ましい。この合金の融点は 220℃程度である。また、低融点化や濡れ性の改善のために、ビスマス、インジウム、銅などが添加されていてもよい。

【0020】低融点化の点では、錫銀二元系共晶合金にビスマスを 3%以上添加した合金が好ましい。すなわち、銀 1~5%程度、ビスマス 3%以上、残りが錫および 1%以下の微量添加元素である。また、更なる低融点化や濡れ性の改善のために、インジウム、銅などが添加されていてもよい。

【0021】具体的には、 $\text{Sn}-3\text{Ag}-5\text{Bi}$ 、 $\text{Sn}-2.8\text{Ag}-1.5\text{Bi}$ 、 $\text{Sn}-1\text{Ag}-5.7\text{Bi}$  などで、これらに 1%以下の微量添加元素が含まれたものがあげられる。それぞれの融点は約 210℃、約 180℃、約 140℃である。また、環境への影響の点で好ましくないが、従来多く使われ、接合性や疲労寿命特性に優れた錫鉛共晶合金を用いても良い。

【0022】鉛フリーはんだバンプ 7 の形成方法としては、鉛フリーはんだをはんだボールやはんだペーストやメッキなどの方法で電子部品 8 のパッド 9 上に供給し、電子部品全体をリフロー加熱などの方法で、鉛フリーはんだの融点以上の温度に加熱して作成する。

【0023】電子部品 1~5 を鉛フリーはんだバンプ 7 により配線基板 6 に接続する場合、配線基板 6 のパッド 10 に同種の鉛フリーはんだをペーストまたはメッキなどの手段によって供給する。そして、鉛フリーはんだバンプ 7 の位置合わせを行い、適当な温度で、鉛フリーはんだバンプ 7 と配線基板 6 とを接続する。

【0024】従って、配線基板 6 と接続後の鉛フリーはんだバンプ 7 の体積は、鉛フリーはんだバンプ 7 の形成時に供給されたはんだ量と、接続時にペーストあるいはメッキなどの手段によってパッド 10 に供給されたはんだ量との和となる。

【0025】配線基板 6 の材質としては、ガラスエポキシ積層基板や、比較的安価な紙フェノール基板などがあげられる。また、高密度実装に適したビルトアップ基板や、はんだ接続信頼性に優れたセラミック基板などもあり、配線基板 6 の材質は、特に限定されるものではない。

【0026】図 2 は、本発明の第 1 の実施形態である半

導体装置の鉛フリーはんだバンプ 7 近傍を拡大した図である。鉛フリーはんだバンプ 7 は、電子部品 8 のパッド 9 と配線基板 6 のパッド 10 とに接続される。電子部品 8 および配線基板 6 のパッド存在面側には配線を保護するためのソルダーレジスト 11 が塗布されている。

【0027】ソルダーレジスト 11 の塗布領域やパッド 9、10 の大きさにより、はんだバンプ 7 とパッド 9、10 との接続界面近傍の形状は、図 2 の (a) ~ (c) に示す形となる。電子部品 8 側と配線基板 6 側とで、はんだバンプ 7 のパッド接続界面近傍の形状が異なっても何ら問題はない。

【0028】図 2 の (a) は、ソルダーレジスト 11 がパッド 9、10 の一部 (周縁部) を覆っている場合で、パッド 9、10 と配線基板 6 との接合強度を増加することができるという利点があるが、はんだバンプ 7 とパッド 9、10 との界面の強度はやや弱い。

【0029】図 2 の (b) は、ソルダーレジスト 11 がパッド 9、10 を覆わず、かつ鉛フリーはんだ 7 がパッド側面にまで濡れている場合である。パッド側面へのはんだのぬれにより、はんだバンプ 7 とパッド 9、10 との界面の強度は強く、疲労寿命は比較的良好である。

【0030】図 2 の (c) は、ソルダーレジスト 11 がパッド 9、10 を覆わず、かつ鉛フリーはんだ 7 がパッド側面にまでは濡れていない場合である。

【0031】鉛フリーはんだバンプ 7 のパッド 9 又は 10 と接する部分の面積と等しい面積の円の直径 A (以下、A 寸法と記す) を図 2 に示す。図 2 には電子部品 8 側しか示していないが、配線基板 6 側も同様である。

【0032】図 2 の (a) の場合、A 寸法はソルダーレジスト 11 の開口径とほぼ等しくなる。図 2 の (b) の場合は、A 寸法はパッド 9 又は 10 の直径とほぼ等しい。図 2 の (c) の場合は、A 寸法は、パッド 9 又は 10 の直径より小となる。

【0033】また、鉛フリーはんだバンプ 7 の体積と等しい体積の球の直径 B を B 寸法と定義する。本発明者が、上述の 3 種類のバンプ形状 (図 2 の (a)、

(b)、(c)) について、実験および数値解析により、鉛フリーはんだバンプの疲労寿命比と A 寸法を B 寸法で割った値 C (以下、C 値と記す) との関係を検討した結果を図 3 に示す。ここで、疲労寿命比とは、各 C 値での疲労寿命 (電気的な断線が発生する時点) を疲労寿命の許容値で割った値である。

【0034】上述の 3 種類のいずれの場合についても、図 3 に示すように、A 寸法が B 寸法の 0.8 倍以上で、疲労寿命の許容値を上回ることがわかった。さらに、C 値が 0.8 以上で、C 値の疲労寿命向上の効果が大きくなることがわかった。

【0035】これは、以下の原因の複合効果によるものと考えられる。つまり、A 寸法が大きくなることにより、鉛フリーはんだバンプ 7 とパッド 9、10 との接続

面積が増加するため、接合界面の強度が上昇する。

【0036】また、A寸法が大きくなるに従い、A寸法とはんだバンプ7の最大外径との差が小さくなり、その形状は、径が大きく高さの低い円柱形状に近づいていく。このため、はんだバンプ7自体の剛性が高くなり、電子部品8や配線基板6が受け持つ熱変形量が増加する。その結果、はんだバンプ7に加わる熱変形量が小さくなる。

【0037】電子部品8又は配線基板6のどちらか一方への応力集中を避けるため、電子部品8側のはんだバンプ7のA寸法と配線基板6側のA寸法とは等しいことが望ましい。異なる場合はA寸法のどちらか小さい方がB寸法の0.8倍以上1.1倍以下であればよい。これは、A寸法が大の方より小の方の部分が、先に破壊し易い傾向にあるので、電子部品8又は配線基板6のどちらか小さい方のA寸法をB寸法の0.8倍以上1.1倍以下とするものである。

【0038】なお、A寸法がB寸法の1.1倍より大きい場合、はんだ供給量が少ないため、良好な形状のバンプが形成されないことが、本発明者の検討で明らかとなっている。

【0039】以上のように、本発明の第1の実施形態によれば、はんだバンプ7のA寸法をB寸法の0.8倍以上1.1倍以下となるように形成したので、はんだバンプ7とパッド9、10との接触面積が増加し、接合界面の強度が上昇する。また、A寸法が大きくなるに従い、円柱形状に近づき、はんだバンプ7自体の剛性が高くなり、はんだバンプ7に加わる熱変形量が小さくなる。

【0040】したがって、はんだバンプの疲労寿命が向上され、信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0041】(第2実施形態)図4は、本発明の第2の実施形態である半導体装置の要部断面図である。この図4に示す要部は、はんだバンプ7の形状が、図2の

(c)と同様であるが、はんだバンプ7とパッド9、10との接触角が55°以上90°以下であることが特徴である。

【0042】ここで、はんだバンプ7とパッド9、10との接触角は、図4に示すように、鉛フリーはんだバンプ7とパッド9またはパッド10との接合端から50ミクロン離れた場所で定義する。つまり、はんだバンプ7とパッド9またはパッド10との接合端Oを中心とする半径0.05mmの円がパッド9又は10の表面と接する点を $\alpha$ 、上記円がはんだバンプ7と接する点を $\beta$ とすれば、直線O- $\alpha$ と直線O- $\beta$ とのなす角度を接触角と定義する。

【0043】図5は、本発明者らが実験および解析により明らかにした疲労寿命比と上記接触角との関係を示すグラフである。ここで、疲労寿命比とは、各接触角での疲労寿命を疲労寿命の許容値で割った値である。

【0044】接合端は応力特異場であり、その特異性は接触角に依存する。しかし、鉛フリーはんだのような塑性変形を起こしやすい材料に関しては、応力特異性の接触角依存性が明らかではなかった。

【0045】本発明者の検討により、図5に示すように、鉛フリーはんだの場合、接触角が55°以上で特異性が小さくなり、疲労寿命の許容値を上回ることが明らかとなった。さらに、接触角が55°以上で、接触角の疲労寿命向上の効果が大きくなっていくことが判明した。

【0046】ここで、接触角が90°以上の場合、接合端のひずみ集中は小さいので、疲労寿命の点では好ましいが、一般的に行われるはんだ接合プロセスでは実現は困難である。

【0047】以上のことから、鉛フリーはんだバンプの疲労寿命向上に好適な接触角は55°以上90°以下となる。

【0048】以上のように、本発明の第2の実施形態によれば、はんだバンプ7とパッド9、10との接触角を55°以上90°以下となるように形成したので、はんだバンプの疲労寿命が向上され、信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0049】なお、上述した本発明第1の実施形態及び第2の実施形態におけるはんだバンプ7の形状は、はんだ供給量、バンプ押し付け荷重、ソルダーレジスト開口径、パッド径などを最適化することにより実現できる。はんだバンプ7の形状は、主に熔融はんだの表面張力とバンプ7に加わる外力との釣り合いで決定される。

【0050】したがって、液体の表面張力解析を基礎としたとした解析によりはんだバンプ形状を予測することができる。この解析技術については、下記の文献に記載されている。

文献1、Wassink, R.J., 竹本他訳、ソルダリング イン エレクトロニクス、第2章、(1986)、日刊工業新聞社。

文献2、Borgesen, P., et al., Mechanical Design Consideration for AreaArray Solder Joints: IEEE Transactions on Components, Hybrids and Manufacturing Technology, Vol.16, No. 5, 523(1993)。

【0051】また、上述した本発明の第1の実施形態と第2の実施形態とを組み合わせた形状、つまり、鉛フリーはんだバンプと前記電子部品および前記配線基板上に形成されたパッドと接する部分の面積と等しい面積の円の直径が、前記鉛フリーはんだバンプの体積と等しい体積の球の直径の0.8倍以上1.1倍以下であり、かつ、はんだバンプとパッドとの接触角を55°以上90°以下とすることもできる。

【0052】さらに、上述した例は、本発明を鉛フリーはんだに適用した場合の例であるが、本発明を鉛入りのはんだに適用することも可能であり、その疲労寿命を向

上させることができる。

### 【0053】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、はんだバンプの体積と、はんだバンプと電子部品および配線基板上に形成されたパッドと接する部分の面積を最適化することにより、はんだバンプの疲労寿命向上をコストアップ無しで実現することができる。

【0054】また、はんだバンプと電子部品および配線基板上に形成されたパッドとの接触角を最適化することにより、疲労寿命を向上させることができる。

【0055】これらによって、はんだバンプの疲労寿命が向上され、信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態である半導体装置の概略断面図である。

【図2】第1の実施形態である半導体装置のはんだバンプ近傍の拡大図である。

【図3】鉛フリーはんだバンプのパッドと接する面積と

鉛フリーはんだバンプの体積との関係が疲労寿命に及ぼす影響を示すグラフである。

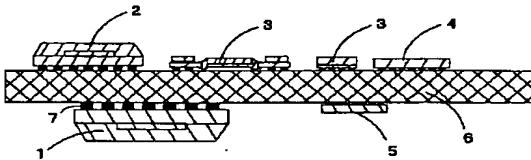
【図4】本発明の第2実施形態である半導体装置のはんだバンプ構造を示す断面図である。

【図5】鉛フリーはんだバンプとパッドの接触角とが疲労寿命に及ぼす影響を示すグラフである。

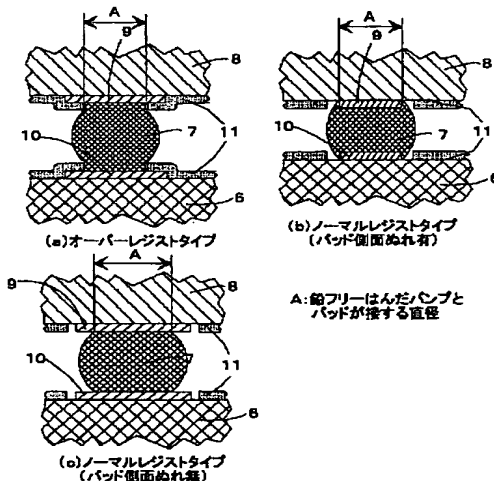
### 【符号の説明】

- 1 電子部品 (BGA)
- 2 電子部品 (テープBGA)
- 3 電子部品 (CSP)
- 4 電子部品 (WPP)
- 5 電子部品 (半導体素子)
- 6 配線基板
- 7 鉛フリーはんだバンプ
- 8 電子部品
- 9 電子部品のパッド
- 10 配線基板のパッド
- 11 ソルダーレジスト

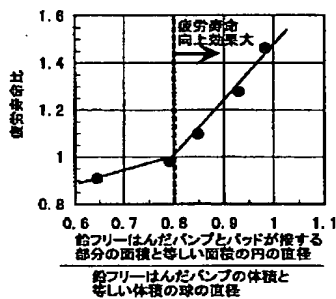
【図1】



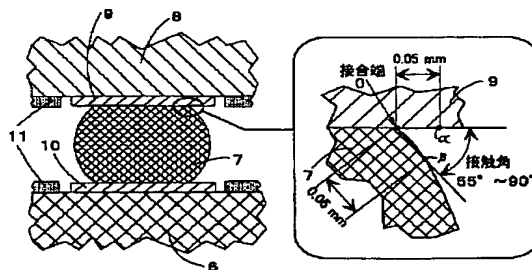
【図2】



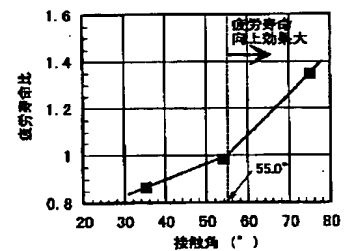
【図3】



【図4】



【図5】



## フロントページの続き

(72)発明者 小島 清美

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

(72)発明者 矢口 昭弘

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

(72)発明者 田中 直敬

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

Fターム(参考) 5F044 KK01 KK11 LL01 QQ02 RR01